

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 42 19 308 C 2

⑥ Int. Cl.⁶:
H 04 B 1/16
H 03 J 5/00
H 04 J 1/05
H 04 J 4/00
H 03 H 17/06

②① Aktenzeichen: P 42 19 308.7-35
②② Anmeldetag: 12. 6. 92
④③ Offenlegungstag: 17. 12. 92
④⑤ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 16. 11. 95

DE 42 19 308 C 2

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

③④ Unionspriorität: ③② ③③ ③①
13.06.91 US 714492

⑦③ Patentinhaber:
Hughes Aircraft Co., Los Angeles, Calif., US

⑦④ Vertreter:
Witte, Weller, Gahlert & Otten, 70178 Stuttgart

⑦⑦ Erfinder:
Kelley, Edwin A., Los Angeles, Calif., US

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 30 07 907 A1
FINK. K.-R., HÖLZEL, F. »Empfangskonzept für einen
digitalen Empfänger«. In: ntz Archiv, 1983, Bd.5,
H.12, S.353-358;

⑤④ Mehrfach nutzbarer Radiofrequenz-Empfänger für mehrere Simultananwender und
Radiofrequenz-Empfangsverfahren für einen derartigen Empfänger

DE 42 19 308 C 2

Die vorliegende Erfindung betrifft Radiofrequenz-Empfänger für mehrere Simultananwender und ein Radiofrequenz-Empfangsverfahren.

Die Erfindung betrifft weiter digitale Radiofrequenz-Empfänger und digitale Empfangssysteme und -verfahren zum gleichzeitigen Bedienen mehrerer Anwender.

Autoradiosysteme sind sowohl für Amplitudenmodulation (AM) als auch für Frequenzmodulation (FM) tauglich. Viele Autos sind außerdem mit zellularen Radios bzw. Mobilfunksystemen sowohl zum Senden als auch zum Empfangen ausgerüstet. Zusätzliche Dienste, die andere Bereiche des elektromagnetischen Spektrums nutzen und entweder gegenwärtig implementiert werden oder von denen erwartet wird, daß sie in der Zukunft implementiert werden, umfassen Fax-Dienste, Computer-Dienste und globale Standortbestimmungssysteme (GPS).

Der Empfang der verschiedenen Dienste wird durch den Wunsch erschwert, mehrere gleichzeitig nutzende Anwender, also mehrere Simultananwender zu versorgen. Zum Beispiel ist es wünschenswert, eine Kapazität für Mobilfunk-Telefongespräche zur Verfügung zu haben, während gleichzeitig das Radio im AM- oder FM-Bereich empfängt und spielt. Es wird ebenfalls erwartet, daß sich verschiedene Anwender zur gleichen Zeit in das Kommunikationssystem einschalten können, wie zum Beispiel durch den jeweiligen Passagieren zugeordnete separate Kopfhörer, wobei jeder Passagier die Möglichkeit hat, seine oder ihre Radiostation zu empfangen, während die anderen Passagiere ihre jeweiligen Stationen hören, das zellulare Telefon nutzen, etc.

Die verschiedenen Radiobänder sind sehr unterschiedlich was ihre Bandbreiten, ihre Modulationstechnik und Bandfunktion angeht. Der konventionelle Ansatz, mehrere Kanäle auf mehreren Bändern zu empfangen, besteht darin, mehrere Empfänger vorzusehen, wobei jedem Band ein getrennter Empfänger zugeordnet ist. Wenn die Möglichkeit der mehrfachen Simultannutzung eines einzelnen Bandes gewünscht wird, werden mehrere Empfänger dem einen Band zugeordnet. Jeder zusätzliche Empfänger bringt einen Nachteil in bezug auf die Anforderungen hinsichtlich der Kosten, des Gewichtes, der Leistung und des Platzbedarfes mit sich.

Es wurde erkannt, daß digitale Empfänger einen Weg darstellen, um sehr unterschiedliche Modulationsarten mit einem einzigen Empfänger zu verarbeiten, was die Notwendigkeit von verschiedenen Empfängertypen für jedes verschiedene Serviceband beseitigt. Da die Kanalwahl-Frequenzabstimmung, Kanalisolierung und Demodulation alle digital verwirklicht werden, wird nur ein einziger digitaler Empfängerpfad für all diese Funktionen benötigt. Das Wechseln zwischen verschiedenen Radioformaten und Bandbreiten wird erreicht, indem einfach Filterkoeffizienten in den digitalen Filtern und die Demodulationsalgorithmen in einem programmierbaren Demodulator geändert werden. Solch ein System ist in dem US-Patent 5 058 107 von Stone et al. beschrieben. Während durch diese Patentanmeldung eine signifikante Reduzierung der Systemkomplexität und der Kosten durch Verwendung gemeinsamer digitaler Berechnung für die verschiedenen Servicebänder erreicht wird, kann das beschriebene System nur einen Anwender zur Zeit versorgen. Daher wären mehrere Empfänger erforderlich, um mehrere Simultananwender zu versorgen.

Ein ähnlicher digitaler Empfänger ist aus der DE-

OS 30 07 907 bekannt. Bei diesem digitalen Empfänger wird das empfangene analoge Hochfrequenzsignal mit Hilfe eines Analog-Digital-Wandlers digitalisiert und einer digitalen Abstimmereinrichtung zugeführt, die aus einem Mischer und einem Oszillator besteht. Auf die Abstimmereinheit folgen transversale Filter mit wählbaren Filterkurven und eine digitale Demodulationseinrichtung für die unterschiedlichen Modulationsbetriebsarten. Durch entsprechende Programmierung bzw. Einstellung können verschiedene Kanalfrequenzen empfangen werden. Auch hier sind mehrere Empfänger erforderlich, wenn mehrere Simultananwender versorgt werden sollen.

Ein anderer digitaler Empfänger ist in dem Artikel von Dieter Baecher in "Society of Automotive Engineers Technical Paper Series", International Congress and Exposition, Detroit, Paper No. 861039, 1986, Seiten 77-84 beschrieben. In diesem Artikel wird ein digitaler Empfänger mit Zwischenfrequenz-Abtastung (IF-Abtastung) anstatt mit Radiofrequenz-Abtastung (RF-Abtastung) diskutiert. Der Empfänger verarbeitet nur ein empfangenes Signal zur Zeit; mehrere IF-abgetastete digitale Empfänger wären nötig, um gleichzeitig mehrere Signale zu verarbeiten.

Ein digitaler Empfänger, der bestimmte Arten von Mehrfachsignalen gleichzeitig handhaben kann, ist beschrieben in J. Ashjaee, "Ashtech XII GPS Receiver", IEEE International Position Location & Navigation Symposium, 28. November 1988. Dieses System ist jedoch nicht auf übliche Dienste wie FM, AM oder Mobilfunk anwendbar. Es ist für Systeme wie GPS entworfen, in denen alle Kanäle auf derselben Frequenz aber mit unterschiedlichen Codes versehen übertragen werden. Der Empfänger verarbeitet mehrere Signale durch Code-Multiplexing.

In dem US-Patent 4 884 265 von Schroeder et al. wird ein durch Frequenztrennung gemultiplextes Eingangssignal digitalisiert. Die digitalisierten Werte werden durch Mischen mit Basisband-Frequenzsignalen in der Frequenz umgesetzt, um Real- und Imaginär-Werte zu erhalten, die der Phaseninformation in den ursprünglichen Modulationssignalen entsprechen. Nach der Umsetzung werden die Werte in Real- und Imaginär-Digitalfiltern gefiltert. Die ursprüngliche Modulationsinformation wird dann durch Analyse der Positionen von Vektoren in der komplexen Ebene zurückgewonnen, die durch die Real- und Imaginär-Werte repräsentiert sind. Die Umsetzung wird vorzugsweise durch Multiplizieren der Eingangs-Abtastwerte mit digitalen Werten durchgeführt, welche Sinus- und Kosinuswerten von lokalen Oszillatorsignalen bei Basisbandfrequenzen entsprechen. Die Verwendung einer Vorauswahl-Filterung vor der Umsetzung wird vorgeschlagen, um die Datenrate der Eingangssignale zu reduzieren und dadurch die nachfolgenden Verarbeitungsanforderungen zu reduzieren. Obwohl es eine Verbesserung im Aufbau digitaler Empfänger darstellt, löst das beschriebene System das Problem der Handhabung mehrfacher Simultananwender ebenfalls nicht.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der vorliegenden Erfindung, einen Empfänger und ein Empfangsverfahren zu schaffen, um mit einem digitalen Radiofrequenz-Empfänger und einem digitalen Radiofrequenz-Empfangsverfahren Radiofrequenz-Signale zu empfangen und für mehrere Simultananwender weiterzuverarbeiten, deren Wellenbereiche frequenzmäßig weit auseinander liegen können. Weiterhin soll mehrfacher gleichzeitiger Zugriff zu Signalen inner-

halb dieser Wellenbereiche möglich werden, und zwar mit einer preiswerten Schaltungstechnik, welche die im Stand der Technik erforderliche redundante Kapazität vermeidet.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch einen mehrfach nutzbaren Radiofrequenz-Empfänger mit folgenden Merkmalen:

- Mittel zum Digitalisieren eines empfangenen analogen Radiofrequenz-Signales,
- einer digitalen Abstimmereinrichtung zur Auswahl mehrerer gewünschter Frequenzen aus dem digitalisierten Signal auf der Basis eines Zeitmultiplexverfahrens,
- einer digitalen Filtereinrichtung zum Trennen mehrerer gewünschter Frequenzen von störenden Signalen auf der Basis eines Zeitmultiplexverfahrens, und
- einer digitalen Demodulator- und Verarbeitungseinrichtung zum digitalen Demodulieren und Verarbeiten der ausgewählten Signale.

Die Aufgabe wird ebenfalls gelöst durch ein Radiofrequenz-Empfangsverfahren mit den Schritten:

- Empfangen eines Multifrequenz-Radiofrequenz-Signales,
- Digitalisieren des empfangenen Signales,
- Erzeugen digitaler Zeitmultiplex-Abstimmungssignale, die jeweils einer Anzahl von gewünschten Radiofrequenzen entsprechen,
- Zuführen der digitalen Zeitmultiplex-Abstimmungssignale zu dem digitalisierten empfangenen Signal, um digitale Zeitmultiplex-Signale der gewünschten Frequenzen bereitzustellen, und
- digitales Demodulieren und Verarbeiten der digitalen Zeitmultiplex-Signale.

Die der Erfindung zugrunde liegende Aufgabe wird auf diese Weise vollkommen gelöst. Ein empfangenes Radiofrequenz-Signal wird digitalisiert und dann einer digitalen Abstimmereinrichtung zugeführt, die mehrere gewünschte Frequenzen aus dem digitalisierten Signal auswählt. Die Signale der gewünschten Frequenz werden auf der Basis eines Zeitmultiplexverfahrens ausgewählt, wobei die nachfolgende digitale Demodulation und Weiterverarbeitung im Tonfrequenzbereich vorzugsweise ebenfalls mittels eines Zeitmultiplexverfahrens durchgeführt wird.

Um verschiedene Servicebänder zur selben Zeit bedienen zu können, ist für jedes getrennte Serviceband ein eigenes FIR-Filter mit begrenzter Impulsantwort vorgesehen, das begrenzt auf Impulse anspricht. Jedes Filter umfaßt einen Koeffizientenspeicher für sein spezielles Serviceband und einen Zwischenspeicher. Für jedes Band werden die gemultiplexten Frequenzsignale in einem gemeinsamen komplexen Multiplizierer mit den Koeffizienten aus dem zugeordneten FIR-Filter-Speicher multipliziert, wobei die Ergebnisse demultiplext und dem entsprechenden Zwischenspeicher zugeführt werden. Dort wird die Datenrate wie durch die FIR-Koeffizientencharakteristik determiniert reduziert. Der digitale Demodulator- und Audioprozessor-Bereich prozessiert den Ausgang eines jeden Zwischenspeichers getrennt, vorzugsweise im Zeitmultiplexverfahren. Dies ermöglicht es, die Funktionen des digitalen Demodulators und Audioprozessors in einem einzigen programmierbaren digitalen Signalprozessor (DSP) zu imple-

mentieren.

Wenn mehrfache Frequenzwahl aus einem einzigen Serviceband gewünscht wird, ist nur ein einziges FIR-Filter erforderlich. Die Zeitmultiplex-Signale der jeweiligen Frequenz werden mit gemeinsamen FIR-Koeffizienten multipliziert, wobei die Ergebnisse gedemultiplext und auf jeweilige Zwischenspeicher aufgeteilt werden. Wie im Falle eines Multibandbetriebes wird die Demodulation und Verarbeitung im Tonfrequenzbereich vorzugsweise mit dem Inhalt eines jeden Zwischenspeichers in einem Zeitmultiplexverfahren durchgeführt. Die Ausgänge können dann in eine für den Anwender geeignete analoge Form konvertiert werden.

Weitere Vorteile ergeben sich aus der Beschreibung und der beigefügten Zeichnung.

Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorstehenden Erfindung zu verlassen.

Die Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 ein Blockschaltbild, das den erfindungsgemäßen Ansatz zur Verarbeitung eines empfangenen Radiofrequenz-Signales für mehrere Simultananwender darstellt;

Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild eines bevorzugten Ausführungsbeispiels der Erfindung;

Fig. 3 ein schematisches Schaltbild eines in der Schaltung nach Fig. 2 verwendeten Multiplexers; und

Fig. 4 ein schematisches Schaltbild, das ein FIR-Filter zeigt, das in einem weiteren Ausführungsbeispiel verwendet wird, bei dem nur ein einziges Serviceband empfangen wird.

Die vorliegende Erfindung erlaubt die gleichzeitige Verarbeitung verschiedener Frequenzsignale, die über verschiedene Servicebänder verteilt oder innerhalb eines einzigen Servicebandes angeordnet sein können. Obwohl zahlreiche verschiedene Servicebänder bedient werden können, so wie die oben erwähnten Fax-Dienste, Computer-Dienste und das globale Standortbestimmungsverfahren, werden nachstehend beispielhaft das FM-Band, das AM-Band und das Band für zelluläre Dienste beschrieben. Diesen Diensten sind die Frequenzbänder von 87,9–107,9 MHz, 0,540–1,600 MHz und 865–895 MHz zugeordnet.

Fig. 1 liefert einen Überblick über den erfindungsgemäßen Ansatz, das gleichzeitige Verarbeiten verschiedener Frequenzen innerhalb der Servicebänder vorzusehen, wobei die Möglichkeit für mehrere Anwender besteht, gleichzeitig Ausgaben von den verschiedenen ausgewählten Frequenzen zu erhalten. Eine Antenne 2 empfängt die verschiedenen Rundfunksignale; diese kann als Ansammlung von getrennten Antennen, jeweils eine für jedes Serviceband, angeordnet sein. Die empfangenen Radiofrequenz-Signale werden durch einen Digitalisierer 4 in die digitale Form konvertiert. Die gewünschten Frequenzen werden durch eine digitale Abstimmereinrichtung 6 im Zeitmultiplexverfahren ausgewählt, wobei aufeinanderfolgende Abtastwerte des empfangenen Signales bei den ausgewählten Frequenzen miteinander in einem kontinuierlichen Zeichenstrom verschachtelt werden. Ein digitales Filter 7, das ein zeitgemultiplextes FIR-Filter ist, wird verwendet, um die aufeinanderfolgenden zeitgemultiplexten Abtastwerte zur Erzielung einer Kanalisierung zu filtern.

Synchron mit dem Multiplexen der Abstimmereinrichtung erfolgt in einem digitalen Demodulator 8 die digitale Demodulation; die Weiterverarbeitung im Tonfrequenzbereich erfolgt ebenfalls nach einem digitalen Zeitmultiplexverfahren. Die prozessierten Signale werden dann in analoge Form konvertiert und durch einen Demultiplexer 10 in unabhängige analoge Signalströme aufgeteilt, und sind dann über unabhängige Lautsprecher oder andere Ausgabegeräte für die Anwender verfügbar.

Fig. 2 zeigt in einem ausführlicheren Blockschaltbild ein bevorzugtes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. In dieser Darstellung sind drei Antennen 14a, 14b und 14c jeweils für das AM-Band, FM-Band und das zellulare Band vorgesehen. Die empfangenen Signale in jedem Serviceband werden durch entsprechende Verstärker 16a, 16b und 16c verstärkt und dann jeweiligen Radiofrequenz-Antialiasingfiltern 18a, 18b und 18c zugeführt. Die Charakteristik eines jeden Filters hängt von den spezifischen Anwendungen und Anforderungen ab und sollten vorzugsweise nahe bei einem linearen Phasengang liegen und minimalen Verlust aufweisen. In der Regel weisen die Filter ein geeignetes Durchlaßband auf, das durch einen geeigneten Dämpfungswert wie -3 dB definiert ist, der sich von der tiefsten bis zu der höchsten Frequenz des Servicebandes erstreckt. Außerhalb des Durchlaßbandes hängt die Lage der durch einen geeigneten Dämpfungswert wie -100 dB definierten Sperrbandkanten von der Abtastrate bei der Digitalisierung ab, und zwar zu dem Maß, zu dem die Bereiche zwischen einer Durchlaßbandkante und der benachbarten Sperrbandkante von spektralen Aliasingfiltern nicht auf das Durchlaßband des gewünschten spektralen Bildes übergreifen.

Die gefilterten Signale werden einem Analog-Digital-Wandler (ADC) 20 zugeführt. Die von dem AM-Band, dem FM-Band und dem zellulären Band abgedeckte volle Bandbreite (0,540-895 MHz) ist in der Regel zu groß, um von einem einzigen Analog-Digital-Wandler heutiger Bauart gehandhabt zu werden. In der gleichzeitig mit der vorliegenden Anmeldung eingereichten parallelen Patentanmeldung "Digitale Multiband-Empfangsvorrichtung und digitales Multiband-Empfangsverfahren mit Bandbreitenmodulation" US-Patent 5 280 636 wird eine Frequenzumsetzung oder -verschiebung der Servicebänder vorgeschlagen, so daß sie benachbarte Bereiche des Spektrums besetzen. Wenn die in der parallelen Patentanmeldung vorgeschlagene Serviceband-Umsetzungstechnik verwendet wird, kann für alle drei Servicebänder ein einziger Analog-Digital-Wandler verwendet werden. Anderenfalls muß ein getrennter Analog-Digital-Wandler für jedes Serviceband vorgesehen werden.

Die Abtastrate des Analog-Digital-Wandlers hängt davon ab, ob a) Basisband- oder Durchlaßband-Abtastung verwendet wird, b) von der Bandbreite der Signalinformation und/oder der maximalen Signalfrequenz sowie c) der Lage von Aliasingbildern. Basisband-Abtastung erfordert eine Abtastrate, die wenigstens zweimal so hoch ist wie die höchste in dem abgetasteten Signal enthaltene Augenblicksfrequenz. Bandpaßabtastung ermöglicht eine Abtastrate, die geringer ist als die Frequenz der unteren Bandkante, solange die Abtastrate wenigstens zweimal der Bandbreite der von den Radiofrequenz-Antialiasingfiltern 18a, 18b und 18c gelieferten Signale entspricht.

Multiusers-Stationswahl wird durch eine simultan arbeitende Mehrfachabstimmereinrichtung ermöglicht, wel-

che durch die gestrichelte Linie 22 umschlossen ist. Die Abstimmereinrichtung besteht aus einem modifizierten programmierbaren direkten Digitalfrequenzsynthesizer. Stationswahlmechanismen 24a, 24b und 24c sind für jeden Anwender vorgesehen, um seine oder ihre gewünschte AM- oder FM-Station auszuwählen. Eine Stationswahl kann auch auf andere Dienste, so wie auf zelluläres Telefon, gerichtet sein. Jeweilige Phaseninkrementoren 26a, 26b und 26c sind für jede ausgewählte Station als Zwischenspeicher eingerichtet und erzeugen eine Treppenfunktion von Phasenwerten, welche eine Rampe approximiert, und zwar bei einer Frequenz, die durch das anwendbare Phaseninkrement der ausgewählten Stationsfrequenz bestimmt ist. Um zwischen den mehreren Frequenzen Frequenzkohärenz zu erhalten, wird die Phasenakkumulation für jede Frequenz in einem eigenen Zwischenspeicher durchgeführt. Die Register und Zwischenspeicher für die Phaseninkremente erfordern jedoch nur geringen zusätzlichen Schaltungsaufwand.

Die Ausgänge der phaseninkrement-Zwischenspeicher 26a, 26b und 26c werden mittels eines Multiplexers 30 zeitgemultiplext, welcher die verschiedenen akkumulierten Signale zeitlich auf einer einzigen Leitung verschachtelt. Die Multiplexer-Abtastrate wird durch einen Taktgenerator 32 kontrolliert. Der Ausgang des Multiplexers 30 wird einem Sinus/Kosinus-Koeffizienten-ROM (Lesespeicher) 34 zugeführt, welcher eine Codierung speichert, die die in den Zwischenspeichern 26a, 26b und 26c akkumulierten Werte in digitalisierte Sinus- und Kosinus-Ausgangswerte übersetzt, die wiederum die Real- und Imaginärkomponenten der digital synthetisierten Frequenz darstellen. Die ausgegebenen Sinuswellen haben vorzugsweise eine Genauigkeit von 14 Bit, was ungefähr 2^{16} Eintragungen in dem ROM erfordert. Die abgetasteten digitalen Sinus- und Kosinus-Ausgangswerte haben dieselben Frequenzen wie die Trägerfrequenzen der ausgewählten Stationen, auf welche abgestimmt werden soll. Der Sinus/Kosinus-ROM wird mit einer höheren Frequenz getaktet als die Phaseninkrementoren, um mehrfache Frequenzwerte zu erzeugen. Wenn zum Beispiel drei Phaseninkrementoren verwendet werden, die jeweils mit einer Rate von 10 MHz getaktet werden, ist die Taktrate, mit welcher der Sinus/Kosinus-ROM 34 adressiert wird, 30 MHz.

Der Ausgang des Sinus/Kosinus-ROM 34 wird einem komplexen Multiplizierer 36 zugeführt, wo er mit dem digitalisierten Eingangssignal von dem Analog-Digital-Wandler 20 gemischt wird. Hier wird komplexes Mischen verwendet, weil dies es erlaubt, das gesamte Spektrum in eine Richtung zu verschieben, was es von dem "realen Mischen" (d. h. wo nur eine Multiplikation verwendet wird) unterscheidet, welches zu Störungen hervorrufenden, sich überlagernden spektralen Bildern führen kann.

Das komplexe Ausgangssignal des digitalen komplexen Mischers (Multiplizierers) 36 wird einer begrenzt auf Impulse ansprechenden Filteranordnung (FIR-Filter mit begrenzter Impulsantwort) zugeführt, welche als Bandpaßfilter für jedes der gemultiplexten Servicebänder dient. Getrennte FIR-ROMs 38a, 38b und 38c speichern FIR-Koeffizienten für jedes separate Serviceband. Wenn nur ein einziges Serviceband verwendet wird, sowie wenn alle drei Anwender auf verschiedene FM-Stationen eingestellt haben, ist nur ein einziges FIR-ROM mit FM-Koeffizienten erforderlich. Die Anzahl der Koeffizienten pro ROM variiert entsprechend der ursprünglichen Abtastrate und der Enddatenrate,

wird aber in der Regel in den Bereich zwischen 20-200 fallen.

Die FIR-ROMs werden in einem Zeitmultiplexverfahren synchron mit dem Signal-Multiplexing der Abstimmereinrichtung 22 durch einen ebenfalls unter der Kontrolle des Taktgenerators 32 arbeitenden Multiplexer 40 adressiert. Die aus der Abstimmereinrichtung 22 kommenden digitalen Signale für jedes Serviceband werden in einem zweiten komplexen Multiplizierer 42 mit dem FIR-ROM-Koeffizienten ihres entsprechenden Servicebandes multipliziert. Die Ergebnisse dieser Multiplikation werden durch einen Demultiplexer 44 in drei Datenströme aufgeteilt und entsprechenden Zwischenspeichern 46a, 46b und 46c für jede ausgewählte Station zugeführt. Jeder aufeinanderfolgende Eingangswert des komplexen Multiplizierers 42 wird mit einem aufeinanderfolgenden Koeffizienten für dessen jeweiliges Serviceband multipliziert, wobei die Zwischenspeicher 46a, 46b und 46c für jede ausgewählte Station die Ergebnisse der Multiplikation für dessen jeweiliges Eingangssignal addieren. Der Datenratenausgang von den Zwischenspeichern wird so bezogen auf die Abtastrate des Eingangssignales um einen Faktor reduziert, welcher der Anzahl der FIR-Koeffizienten entspricht.

Die gefilterten und akkumulierten Abtastwerte für jede ausgewählte Station werden dann demoduliert und im Tonbereich weiterverarbeitet. Vorzugsweise wird für alle Stationen ein einziger digitaler Signalprozessor (DSP) verwendet. Für diese Zwecke ist der Signalprozessor TMS320C30 DSP von Texas Instruments geeignet. Die für FM-Demodulation und Audioprozessierung (einschließlich Stereodecodierung) benutzte Software erfordert weniger als 10 Millionen Befehle pro Sekunde (MIPS), während der TMS320C30 DSP ungefähr 33 MIPS ausführen kann. Daher können drei getrennte Stationen gemeinsam verarbeitet werden. Dies wird erreicht, indem auf die Inhalte der drei Akkumulatoren 46a, 46b und 46c im Zeitmultiplexverfahren (Timesharing) zugegriffen wird. Die Signalpulse 48a, 48b und 48c rechts von den Zwischenspeichern illustrieren ihre von dem Taktgenerator 32 kontrollierte relative Abtastsequenz.

Das digitale Verarbeitungssystem stromabwärts von den FIR-Filter-Speichern besteht aus digitalen Demodulatoren 50a, 50b und 50c, welche die Trägersignale von ihren entsprechenden reduzierten Eingängen entfernen, aus Stereodecodern 52a, 52b und 52c, welche die linken und rechten Stereosignale für jede ausgewählte Station trennen, aus digitalen Audioprozessoren 54a, 54b und 54c, welche die Signale mit Funktionen wie Klangkontrolle, Volumenkontrolle etc. verändern, sowie aus Digital-Analog-Wandlern (DAC) 56a, 56b und 56c, welche die prozessierten digitalen Signale in analoge Form konvertieren; die Digital-Analog-Wandler können als Teil der Audioprozessor-Funktion angesehen werden. Die Digital-Analog-Wandler haben in dem Sinne auch eine Demultiplex-Funktion, als die ihnen angebotenen digitalen Signale gemultiplexte Zeiträume besetzen. Im Gegensatz dazu sind die Digital-Analog-Wandler-Ausgangssignale jeweils kontinuierliche analoge Signale. Nach entsprechender Verstärkung (nicht gezeigt) werden die analogen Signale so verschaltet, daß sie jeweilige Lautsprecher 58a, 58b und 58c oder andere gewünschte Ausgabegeräte betreiben.

Die Funktionen digitale Demodulation, Stereodecodierung und Audioprozessierung sind für einen einzelnen Kanal üblich und zum Beispiel in dem oben erwähnten Artikel von Dieter Baecher diskutiert. Indem er sei-

nen Durchsatz zeitlich verschachtelt, bearbeitet der programmierbare DSP die Datenströme für jede ausgewählte Station unabhängig von den anderen. Auf diese Weise kann ein einziger Prozessor verwendet werden, um eine Anzahl von unterschiedlichen Stationen gleichzeitig zu demodulieren, zu decodieren und im Tonfrequenzbereich zu verarbeiten. Wenn mehrere Signalfade in dem programmierbaren DSP zu verschiedenen Servicebändern gehören, sind verschiedene Demodulationsalgorithmen für jedes Serviceband erforderlich. Wenn nur ein einziges Serviceband empfangen wird, wie zum Beispiel das FM-Band, kann ein einziger Algorithmus für jede ausgewählte Station verwendet werden.

Ein Beispiel eines Multiplexers, der entweder in der Abstimmereinrichtung 22 oder den FIR-Filtern verwendet werden kann, ist in Fig. 3 dargestellt. Jeweils ein Eingang von UND-Gattern 60a, 60b und 60c ist geschaltet, um ein entsprechendes Signal von den Zwischenspeichern 28a, 28b und 28c (für die Abstimmereinrichtung 22) oder den Ausgang eines entsprechenden FIR-Koeffizienten-ROMs 38a, 38b und 38c (für die FIR-Filter) zu empfangen. Die anderen Eingänge der UND-Gatter werden nacheinander im Zeitmultiplexverfahren durch den Taktgenerator 32 aktiviert. Die Ausgänge der UND-Gatter werden als Eingänge an ein ODER-Gatter 62 gegeben. Dieses Gatter gibt einen einzigen Datenstrom aus, welcher Abtastwerte von den drei UND-Gattern 60a, 60b und 60c in einer verschachtelten Weise, also auf einer Zeitmultiplex-Basis, enthält.

In Fig. 4 ist eine Modifikation des FIR-Filters dargestellt, das verwendet werden kann, wenn nur Multistations-FM-Empfang gewünscht ist. Ein einziges FIR-ROM 38a, welches die FIR-Koeffizienten für FM-Dienste speichert, liefert seine Koeffizienten direkt an den komplexen Multiplizierer 42. Da nur ein einziges FIR-ROM benutzt wird, ist es nicht erforderlich, sein Ausgangssignal zu multiplexen. Die Zeitmultiplexsignale von der Abstimmereinrichtung 22 werden jedoch weiterhin auf verschiedene Zwischenspeicher 46a, 46b und 46c aufgeteilt, um ihre diskrete Natur während der darauf folgenden Demodulation und Audioprozessierung im Zeitmultiplexverfahren zu erhalten.

Patentansprüche

1. Mehrfach nutzbarer Radiofrequenz-Empfänger für mehrere Simultananwender, mit:
 - Mitteln (4; 20) zum Digitalisieren eines empfangenen analogen Radiofrequenz-Signales,
 - einer digitalen Abstimmereinrichtung (6; 22) zur Auswahl mehrerer gewünschter Frequenzen aus dem digitalisierten Radiofrequenz-Signal auf der Basis eines Zeitmultiplexverfahrens,
 - einer digitalen Filtereinrichtung (7; 38—46) zum Trennen mehrerer gewünschter Frequenzen von störenden Signalen auf der Basis eines Zeitmultiplexverfahrens, und
 - einer digitalen Demodulator- und Verarbeitungseinrichtung (50—56) zum digitalen Demodulieren und Verarbeiten der ausgewählten Signale.
2. Radiofrequenz-Empfänger nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die digitale Abstimmereinrichtung (22) Mittel (24—34) umfaßt, um mehrere gewünschte Frequenzen von getrennten Radiofrequenz-Servicebändern auszuwählen, welche ge-

gemeinander in der Frequenz beabstandet sind.

3. Radiofrequenz-Empfänger nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die digitale Filtereinrichtung (38—46) eine Mehrzahl von digitalen Filtern mit begrenzter Impulsantwort (38) (FIR) mit jeweiligen den Servicebändern entsprechenden Filterkoeffizienten-Speichern (38), Mittel (40) zum digitalen Zeitmultiplexen zwischen den FIR-Filterkoeffizienten-Speichern (38) sowie Mittel (32) umfaßt zum Steuern des FIR-Filterkoeffizienten-Speicher-Multiplexing synchron mit dem Multiplexing des digitalisierten Signales, so daß die ausgewählten Frequenzsignale für jedes Serviceband mittels eines zugeordneten FIR-Filterkoeffizienten-Speichers (38) für das Serviceband prozessiert werden.

4. Radiofrequenz-Empfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die digitale Abstimmereinrichtung (22) Mittel zum Auswählen mehrfacher Frequenzen aus einem einzigen Radiofrequenz-Serviceband aufweist.

5. Radiofrequenz-Empfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verarbeitungseinrichtung (50—56) Mittel (56) umfaßt zum Konvertieren des demodulierten Signales in analoge Form.

6. Radiofrequenz-Empfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die digitale Demodulator- und Verarbeitungseinrichtung (50—56) einen gemeinsamen digitalen Signalprozessor (DSP) aufweist, der dazu programmiert ist, die Funktionen der digitalen Demodulation und Verarbeitung auszuführen.

7. Radiofrequenz-Empfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 6, der in einem Empfängersystem mit einer Antenneneinrichtung zum Empfangen analoger Radiofrequenz-Signale angeordnet ist, dadurch gekennzeichnet, daß die digitale Abstimmereinrichtung (22)

- 1) eine Phaseninkrementiereinrichtung (26) zum Erzeugen einer Vielzahl von gewünschten digitalen Signalen,
- 2) Mittel (30) zum Zeitmultiplexen der gewünschten digitalen Frequenzsignale,
- 3) einen Sinus/Kosinus-Koeffizienten-Speicher (34) zum Erzeugen digitaler Sinussignale als Antwort auf zugeführte digitale Frequenzsignale, sowie
- 4) Mittel (30) umfaßt zum Zuführen der gemultiplexten gewünschten digitalen Frequenzsignale zu dem Sinus/Kosinus-Koeffizienten-Speicher (34), um als Ausgang der digitalen Abstimmereinrichtung (22) für die gewünschten Frequenzen digitale Zeitmultiplex-Sinussignale zu erzeugen.

8. Radiofrequenz-Empfänger nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß Mittel (36) zum Mischen des Ausgangssignales der digitalen Abstimmereinrichtung (22) mit den digitalisierten Radiofrequenz-Signalen vorgesehen sind, um digitale Zeitmultiplex-Radiofrequenz-Signale zu erzeugen.

9. Radiofrequenz-Empfänger nach einem der Ansprüche 3 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Filtereinrichtung (38—42) Zwischenspeicher (38) für jede gewünschte Frequenz, FIR-Filterkoeffizienten-Speicher (38), Mittel (42) zum Multiplizieren jedes der gemultiplexten digitalen Radiofrequenz-Signale mit entsprechenden FIR-Koeffizienten aus dem Speicher (38) sowie Mittel (44) umfaßt,

um die Ergebnisse der Multiplikation für jede gewünschte Frequenz zu einem zugeordneten Zwischenspeicher (46) zu leiten.

10. Radiofrequenz-Empfänger nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die digitale Demodulator- und Verarbeitungseinrichtung (50—56) das Ausgangssignal eines jeden Zwischenspeichers (46) getrennt verarbeitet.

11. Radiofrequenz-Empfangsverfahren für mehrere Simultananwender, mit den Schritten:

- gleichzeitiges Empfangen mehrerer Radiofrequenz-Signale,
- Digitalisieren der empfangenen Signale,
- Erzeugen digitaler Zeitmultiplex-Abstimmungssignale, die jeweils einer Anzahl von gewünschten Radiofrequenzen entsprechen,
- Zuführen der digitalen Zeitmultiplex-Abstimmungssignale zu dem digitalisierten empfangenen Signal, um digitale Zeitmultiplex-Signale der gewünschten Frequenzen bereitzustellen, und
- digitales Demodulieren und Verarbeiten der digitalen Zeitmultiplex-Signale.

12. Radiofrequenz-Empfangsverfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Zeitmultiplex-Abstimmungssignale vor dem digitalen Demodulieren und Verarbeiten in einem FIR-Filter gefiltert werden.

13. Radiofrequenz-Empfangsverfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das empfangene Radiofrequenz-Signal zueinander in der Frequenz getrennte Radiofrequenz-Servicebänder enthält, sowie daß der FIR-Filter-Schritt die Schritte umfaßt:

- Bereitstellen eines Satzes von FIR-Koeffizienten, der den entsprechenden Servicebändern entspricht und synchron mit dem Multiplexing der digitalen Radiofrequenz-Signale zeitgemultiplext wird,
- Zuführen dieses Satzes von FIR-Koeffizienten zu ihren jeweiligen gemultiplexten digitalen Radiofrequenzsignalen und
- getrenntes Akkumulieren der Resultate.

14. Radiofrequenz-Empfangsverfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß das empfangene Radiofrequenz-Signal mehrere gewünschte Frequenzen innerhalb eines einzigen Radiofrequenz-Servicebandes enthält, wobei der FIR-Filter-Schritt die Schritte Zuführen eines Satzes von FIR-Koeffizienten zu den gemultiplexten digitalen Radiofrequenzsignalen und getrenntes Akkumulieren der Resultate umfaßt.

15. Radiofrequenz-Empfangsverfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß der FIR-Filter-Schritt die Schritte Zuführen von FIR-Koeffizienten zu den gemultiplexten digitalen Radiofrequenz-Signalen und getrenntes Akkumulieren der Ergebnisse umfaßt, und daß die Schritte des digitalen Demodulierens und Verarbeitens auf den akkumulierten Ergebnissen im Zeitmultiplexverfahren durchgeführt werden.

16. Radiofrequenz-Empfangsverfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Schritt des Verarbeitens den Schritt der Konvertierung der demodulierten Signale in analoge Form umfaßt.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

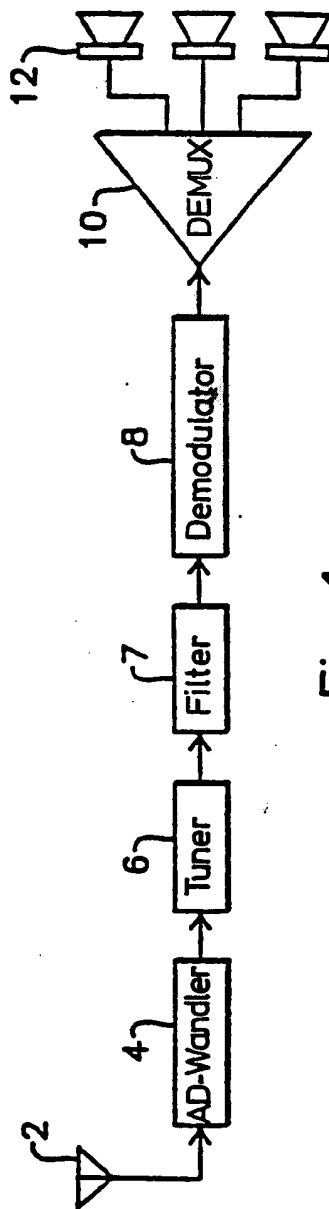


Fig. 1

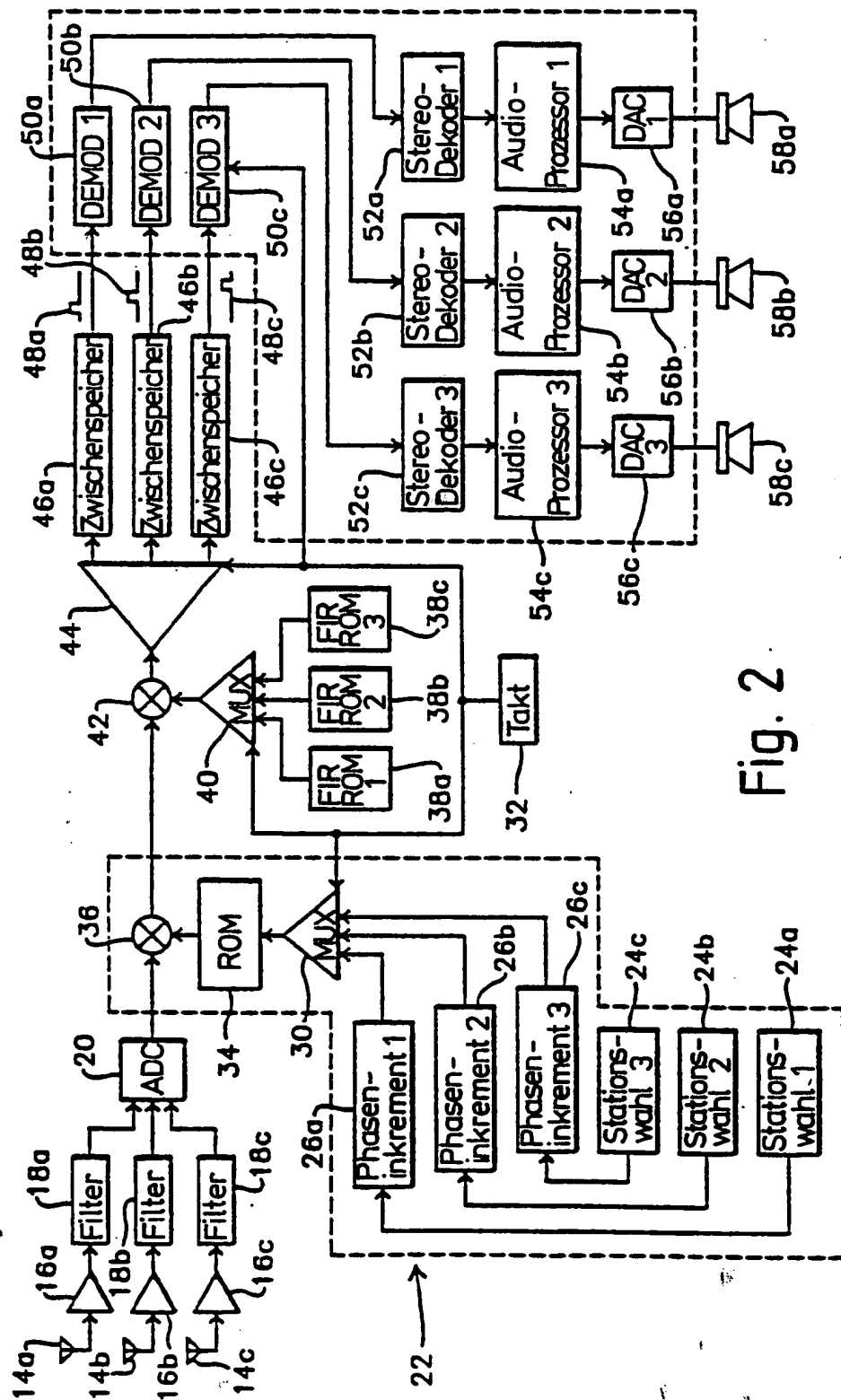
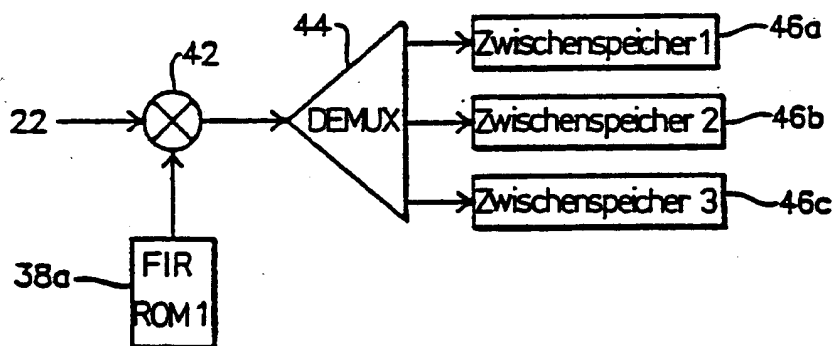
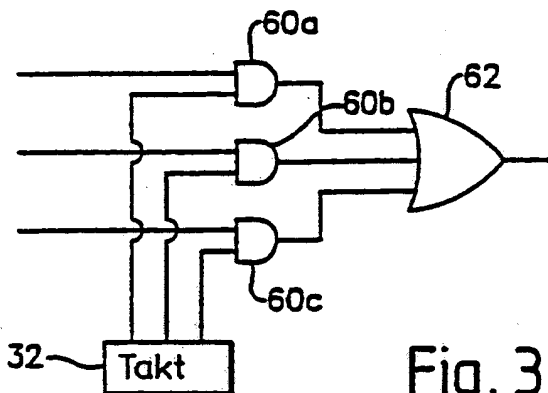


Fig. 2

DOCKET NO: L&L-I0197SERIAL NO: 10/008, 774APPLICANT: Dötsch et al.

LERNER AND GREENBERG P.A.

P.O. BOX 2480

HOLLYWOOD, FLORIDA 33022

TEL. (954) 925-1100

608 146/183